



SKRIPSI – TK141581

**EKSPERIMEN PROSES EKSTRAKSI
ALUMINIUM DARI LIMBAH LUMPUR
PDAM DI DALAM TANGKI
BERPENGADUK**

Oleh:

Baradis Saivi

NRP. 2311100049

Alun Gogo Wisnu W

NRP. 2311100166

Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Susianto, DEA

NIP. 196208201989031004

Fadlilatul Taufany, ST., PhD

NIP. 198107132005011001

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2015



SKRIPSI – TK141581

**EXPERIMENTS EXTRACTION PROCESS
OF ALUMINUM FROM LOCAL WATER
COMPANY'S WASTE PURIFICATION
SLUDGE IN STIRRED TANK**

By:

Baradis Saivi

NRP. 2311100049

Alun Gogo Wisnu W

NRP. 2311100166

Advisor:

Dr. Ir. Susianto, DEA

NIP. 196208201989031004

Fadlilatul Taufany, ST., PhD

NIP. 198107132005011001

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015**

LEMBAR PENGESAHAN

EKSPERIMEN PROSES EKSTRAKSI ALUMINIUM DARI LIMBAH LUMPUR PDAM DI DALAM TANGKI BERPENGADUK

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh:

Baradis Saivi
Alun Gogo Wisnu W


2311100049
2311100166

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

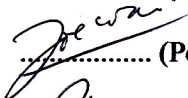
1. Dr. Ir. Susianto, DEA

 (Pembimbing 1)

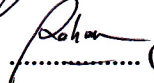
2. Fadlilatul Taufany, ST, Ph.D

 (Pembimbing 2)

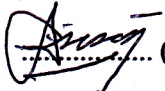
3. Juwari, S.T, M.eng, PhD

 (Penguji I)

4. Dr. Yeni Rahmawati ST, MT

 (Penguji II)

5. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S.

 (Penguji II)



Surabaya

Juli, 2015

EKSPERIMEN PROSES EKSTRAKSI ALUMINIUM DARI LIMBAH LUMPUR PDAM DI DALAM TANGKI BERPENGADUK

Nama : 1. Baradis Saivi
2. Alun Gogo Wisnu W

NRP : 1. 2311100049
2. 2311100166

Pembimbing : 1. Dr. Ir Susianto, DEA
2. Fadlilatul Taufany, ST., PhD

ABSTRAK

Limbah padat lumpur (LPL) masih menimbulkan permasalahan tersendiri bagi perusahaan daerah air minum (PDAM) karena jumlahnya relatif sangat banyak dan belum termanfaatkan secara maksimal. LPL memiliki kandungan Al_2O_3 yang cukup besar (18.5%), sehingga sangat berpotensi untuk dilakukannya *recovery* aluminium. Pada penelitian ini digunakan metode *acidification* untuk *me-recovery* aluminium karena metode ini memiliki efisien *recovery* yang lebih tinggi dan biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan metode lain.

Metodologi dalam penelitian ini menggunakan *acidification* dengan pelarut HCl 32% guna mengekstrak aluminium dari LPL yang diambil dari Sistem Instalasi Pengolahan Air 1 (IPA 1) PDAM Bandarmasih Banjarmasin KAL-SEL. Tahapan proses dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu tahap preparasi LPL PDAM Banjarmasin, tahap analisa karakteristik LPL PDAM Banjarmasin, tahap proses *agitated leaching*, dan tahap analisa karakterisasi filtrat hasil proses *agitated leaching*. Pada penelitian ini menggunakan serangkaian alat *agitated leaching* dan beberapa

variabel, yaitu konsentrasi pelarut HCl (0.5, 1, 1.5, 2 dan 4 M), temperatur *leaching* (30, 50, 70, dan 90 °C), dan waktu *leaching* (5, 10, 15, 20, 25 30, 40, 50, dan 60 menit).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil optimum dicapai pada temperatur 90°C dan konsentrasi 2 M dengan recovery aluminium sebesar 68,49% pada waktu *leaching* 10 menit. Dari percobaan didapatkan bahwa semakin tinggi temperatur dan konsentrasi maka %*recovery* aluminium akan semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu.

Kesimpulan penelitian ini bahwa LPL PDAM Banjarmasin memiliki kandungan Al_2O_3 yang cukup tinggi (18,5%). Dan hasil optimum yang dicapai adalah pada temperatur *leaching* 90°C, konsentrasi 2 M, dan waktu *leaching* 10 menit.

Kata kunci : *Agitated Leaching*, Aluminium, HCl, dan LPL

EXPERIMENT EXTRACTION PROCESS OF ALUMINUM IN WASTE SLUDGE OF PDAM IN STIRRED TANK

**Name : 1. Baradis Saivi
2. Alun Gogo Wisnu W**

**NRP : 1. 2311100049
2. 2311100166**

**Supervisor : 1. Dr. Ir Susianto, DEA
2. Fadlilatul Taufany, ST., PhD**

ABSTRACT

Waste Purification Sludge (WPS) is still pose a problem for the local water company (PDAM) because of a comparatively very much and has not been utilized to the fullest. WPS have a fairly large content of Al_2O_3 (18.5%), so it has the potential to do the recovery of aluminum. In this study used acidification method for recovery of aluminum because this method has a higher efficient recovery and lower operating costs compared to other methods.

The methodology in this research using acidification in the form of 32% HCl in order to extract aluminum from WPS taken from Water Treatment Plant System 1 (IPA 1) PDAM Bandarmasih Banjarmasin KAL-SEL. Stage of the process is divided into several stages, namely preparation phase of WPS PDAM Banjarmasin, phase characteristic analysis of WPS PDAM, phase agitated leaching process, and phase characteristic analysis of filtrate from agitated leaching process. In this study uses a series of tools agitated leaching, and several variables, namely the concentration of HCl solvent (0.5, 1, 1.5, 2 and 4 M),

leaching temperature (30, 50, 70, and 90°C), and leaching time (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, and 60 minutes).

Results from this study showed that the optimum results are achieved at a temperature 90 °C, and the solvent concentration 2 M with aluminum recovery of 68.49% in the leaching time of 10 minutes. From the experiments it was found that the higher the temperature and concentration of HCl, the recovery of aluminum will be even greater with increasing time.

The conclusion of this research that WPS PDAM Banjarmasin have a fairly high content of Al_2O_3 (18.5%). And the optimum results are achieved at a concentration of 2 M, leaching temperature 90 ° C, and the leaching time of 60 minutes.

Keywords: Agitated Leaching, Aluminum, HCl, and WPS

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Kuasa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul:

“EKSPERIMEN PROSES EKSTRAKSI ALUMINIUM DARI LIMBAH LUMPUR PDAM DI DALAM TANGKI BERPENGADUK”

Laporan skripsi ini disusun untuk melengkapi persyaratan penelitian skripsi dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada bidang Studi S1 Teknik Kimia di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pada kesempatan ini dengan kerendahan hati kami menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga kami yang telah memberikan segalanya yang tak mungkin tercantumkan dalam tulisan ini.
2. Bapak Dr. Ir. Susianto, DEA selaku Dosen Pembimbing 1 dan Bapak Fadlilatul Taufany, S.T., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, bimbingan, saran dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir kami.
3. Bapak Juwari ST., M.Eng selaku Sosen Penguji 1, Ibu Dr. Yeni Rahmawati, ST., MT. selaku Dosen Penguji 2, dan Bapak Prof. Dr. Ir. Ali Altway, MS. selaku Dosen Penguji 3 yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, bimbingan, saran dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir kami.
4. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, MS., selaku Kepala Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa
5. Bapak Dr. Ir. Tri Widjaya M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FTI - ITS

6. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar serta seluruh staff jurusan Teknik Kimia FTI – ITS
7. Orang tua serta saudara–saudara kami atas doa, dukungan, bimbingan, perhatian dan kasih sayang yang selalu tercurah
8. Rekan – rekan mahasiswa Teknik Kimia ITS angkatan 2011 (K51) yang senantiasa memberikan support dalam pengerjaan proposal skripsi ini.
9. Rekan – rekan “*LTD Crew dan Perpanmas Crew*” tercinta atas dukungan dan bantuannya selama penyusunan Tugas Akhir kami
10. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

Kami menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu, kami menerima saran dan kritik untuk perbaikan ke depan serta kami berharap penelitian dalam skripsi ini dapat bermanfaat. Amiin.

Surabaya, 2 Juli 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	vi
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Limbah Padat Lumpur Instalasi Pengolahan Air (LPL IPA)	5
2.2 Pemisahan Aluminium dari LPL PDAM	12
2.3 Ekstraksi Padat Cair (<i>leaching</i>)	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Garis Besar Penelitian	18
3.2 Bahan yang digunakan	19
3.3 Alat yang digunakan	19
3.4 Variabel Penelitian	20
3.4.1 Variabel Bebas	20
3.4.2 Variabel Kontrol	20
3.5 Prosedur Penelitian	20
3.5.1 Analisa Karakteristik LPL PDAM Banjarmasin	22
3.5.2 Proses <i>Agitated Leaching</i>	22
3.5.3 Analisa Karakteristik Filtrat	25
3.5.4 Evaluasi Hasil Penelitian	26
3.6 Gambar Alat	27
3.7 Tempat Pelaksanaan	27

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa Senyawa dalam LPL PDAM Banjarmasin	28
4.2 Pengaruh Temperatur <i>Leaching</i> terhadap % <i>Recovery</i> Aluminium	32
4.3 Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida (HCl) terhadap % <i>Recovery</i> Aluminium	35
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
DAFTAR NOTASI	xiv
APPENDIKS	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia LPL IPA di Fong-Yuan Taiwan, Giza GovernorateKairo Mesir, dan Taiwan Water Corporation	8
Tabel 2.2 Berbagai parameter proses <i>leaching</i> terhadap laju ekstraksi yang diperoleh menggunakan LPL IPA dan Tanah Lempung dengan pelarut asam	14
Tabel 4.1 Komposisi Kimia LPL PDAM Banjarmasin dengan menggunakan metode uji XRF	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses terbentuknya endapan lumpur	6
Gambar 2.2	Pola analisis XRD LPL IPA	9
Gambar 2.3	Sistem IPA 1 A Yani PDAM Bandarmasih Banjarماسin KAL-SEL	11
Gambar 2.4	Sistem IPA 2 Pramuka PDAM Bandarmasih Banjarماسin KAL-SEL	11
Gambar 2.5	Mekanisme sederhana proses <i>leaching</i>	16
Gambar 2.6	Skema padatan berongga	17
Gambar 3.1	Batasan masalah dalam skema Bottom-Up	19
Gambar 3.2	Alur rancangan penelitian secara umum	21
Gambar 3.3	Blok diagram proses Karakterisasi LPL PDAM Banjarماسin	22
Gambar 3.4	Blok diagram proses preparasi bahan baku	23
Gambar 3.5	Blok diagram proses <i>agitated leaching</i>	24
Gambar 3.6	Blok diagram proses karakterisasi filtrat	25
Gambar 3.7	Rangkaian alat proses <i>Agitated Leaching</i>	27
Gambar 4.1	Pola analisis XRD LPL IPA PDAM Banjarماسin Indonesia	30
Gambar 4.2	Pengaruh temperatur <i>leaching</i> terhadap konsentrasi aluminium pada berbagai waktu <i>leaching</i>	33
Gambar 4.3	Pengaruh temperatur <i>leaching</i> terhadap % <i>recovery</i> aluminium pada berbagai waktu <i>leaching</i>	34
Gambar 4.4	Pengaruh konsentrasi asam klorida terhadap konsentrasialuminium pada berbagai waktu <i>leaching</i>	36
Gambar 4.5	Pengaruh konsentrasi asam klorida terhadap % <i>recovery</i> aluminium pada berbagai waktu <i>leaching</i>	37
Gambar 4.6	Acidic Leaching dari LPL	39

DAFTAR NOTASI

x	: <i>Recovery</i> , %
T	: Temperatur, °C
t	: Waktu, menit
C_o	: Jumlah Al yang dapat diekstraksi pada proses pengasaman, mg
C	: Jumlah Al yang dapat terekstraksi pada berbagai kondisi, mg
V_1	: Volume larutan 1, ml
V_2	: Volume larutan 2, ml

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih diperkotaan umumnya disuplai oleh perusahaan daerah air minum (PDAM) menggunakan air sungai sebagai air bakunya dan aluminium sulfat atau alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) dan poli aluminium klorida atau PACl ($[\text{Al}_m(\text{OH})_n(\text{H}_2\text{O})_x] \cdot \text{Cl}_{3m-n}$ ($n \leq 3m$)) (Li dkk, 2010) sebagai media penggumpal (koagulan) partikel-partikel kecil tersuspensi menjadi gumpalan-gumpalan (flok) yang lebih besar (Petruzzelli dkk, 2000). Flok yang terbentuk dipisahkan dari air bersih melalui proses sedimentasi, klarifikasi, dan filtrasi (Cheng dkk, 2012) untuk selanjutnya dibuang sebagai limbah padat yang berupa lumpur.

Hingga saat ini limbah padat lumpur (LPL) masih menimbulkan permasalahan tersendiri bagi PDAM karena jumlahnya relatif sangat banyak dan perlu penanganan secara khusus yang tergantung debit dan konsentrasi kekeruhan air baku yang diolah. Makin besar debit air yang diolah dan makin tinggi konsentrasi padatan seperti padatan kasar (*coarse solid*), padatan tersuspensi (*suspended solid*) dan koloid, maka makin banyak jumlah koagulan yang diperlukan dan makin besar volume LPL yang dihasilkan sehingga setiap tahunnya memerlukan dana yang besar untuk penyediaan koagulan dan penanganan LPL-nya.

Komposisi LPL yang dihasilkan tergantung pada jenis koagulan yang digunakan. LPL pengolahan air minum (PAM) sebenarnya mengandung 11,37–28,5 % berat aluminium oksida (Al_2O_3) (Hegazy dkk, 2012). Dengan komposisi aluminium pada LPL yang cukup besar dan masih belum dimanfaatkan maka diperlukan adanya *recovery* aluminium tersebut sehingga dapat digunakan kembali.

Pengambilan kembali (*recovery*) aluminium dari LPL pengolahan air dapat dilakukan melalui beberapa proses yaitu dekomposisi panas, elektrolisis, pertukaran ion, reaktor membran, pelarutan dengan basa (*basification*), dan pelarutan dengan asam (*acidification*) (Petruzzelli dkk, 2000; Xu dkk, 2009). Efisiensi *recovery* koagulan dalam bentuk aluminium oksida (Al_2O_3) dapat diperoleh sebesar 70% lebih dari lumpur pengolahan air dengan metode asam (*acidification*) dan dapat menghemat biaya operasional sebanyak 50-60% penggunaan bahan kimia pada proses pengolahan air limbah menggunakan metode koagulasi-flokulasi (Massides dkk, 1988). *Recovery* koagulan dengan metode *acidification* memberikan efisiensi yang tinggi dan biaya yang rendah dibandingkan metode lainnya (Xu dkk, 2009).

Proses ekstraksi padat cair (*leaching*) pada lumpur pengolahan air unit *clarifier* dengan metode asam (*acidification*) umumnya menggunakan pelarut asam H_2SO_4 atau HCl . Hingga saat ini, beberapa literatur telah menggunakan pelarut asam H_2SO_4 dan belum banyak yang menggunakan pelarut asam HCl . Sehingga penelitian parameter dengan pelarut HCl perlu dilakukan kajian lebih lanjut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Aluminium yang banyak terdapat dalam LPL yang selama ini menjadi permasalahan tersendiri bagi PDAM Banjarmasin karena jumlahnya relatif banyak setiap harinya dan jumlahnya sangat melimpah serta hingga saat ini belum termanfaatkan secara maksimal.
2. Proses *recovery* aluminium menggunakan *agitated leaching* dengan metode asam (*acidification*) masih banyak

menggunakan H_2SO_4 , belum banyak yang menggunakan pelarut HCl , sehingga penelitian parameter (konsentrasi pelarut, suhu proses *leaching*, dan waktu *leaching*) dengan pelarut HCl masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut.

1.3 Batasan Masalah

Hal-hal yang membatasi permasalahan penelitian ini adalah

1. LPL PDAM yang digunakan berasal dari limbah lumpur proses clarifier PDAM Bandarmasih Pal. 6 Kota Banjarmasin Kalimantan Selatan.
2. Proses Ekstraksi Aluminium menggunakan metode agitated leaching dengan menggunakan pelarut HCl .

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan tujuan yang ingin dicapai adalah

1. Melakukan kajian senyawa-senyawa yang terkandung dalam LPL PDAM Banjarmasin.
2. Melakukan kajian proses ekstraksi aluminium dari LPL PDAM Banjarmasin menggunakan metode agitated leaching dengan parameter operasional yang meliputi konsentrasi pelarut HCl 32%, suhu proses *leaching*, dan waktu *leaching*.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan salah satu contoh pemanfaatan kembali limbah LPL PDAM Bandarmasih Kota

Banjarmasin yang selama ini terbuang dan belum dimanfaatkan yang nantinya dapat dijadikan sebagai koagulan (PACl) agar dapat diterapkan pada proses pengolahan air bersih dan air LPL PDAM Bandarmasih Kota Banjarmasin. Hasil penelitian ini juga dapat memberikan analisis tentang alternatif penggunaan pelarut asam HCl dengan parameter operasi konsentrasi pelarut HCl, temperature *leaching*, dan waktu *leaching*.

BAB 2

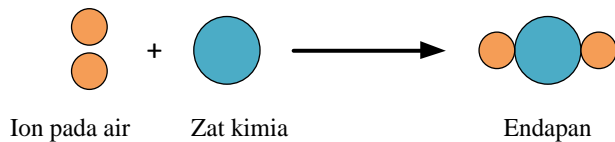
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Padat Lumpur Instalasi Pengolahan Air (LPL IPA)

Air mempunyai peranan sangat penting bagi kehidupan, baik hewan, tumbuhan bahkan manusia yang dalam kehidupan sehari-harinya menggunakan air untuk berbagai keperluan seperti rumah tangga, pertanian, transportasi, rekreasi dan lain sebagainya sehingga ketersediaannya merupakan kunci kehidupan yang sehat. Di pedesaan khususnya disekitar bantaran sungai, masyarakat memanfaatkan air sungai sebagai kebutuhan hidup. Namun setiap tahunnya kondisi air sungai di Indonesia telah tercemar bahan organik sekitar 90% pada tingkat kualitas sedang hingga berat yang belum dapat dibersihkan oleh fasilitas standar perusahaan daerah air minum (PDAM). Sedangkan di perkotaan, air bersih disuplai oleh PDAM dengan proses pengolahannya menggunakan koagulan seperti aluminium sulfat atau alum ($(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O)$) dan poli aluminium klorida (PAC) ($([Al_m(OH)_n(H_2O)_x].Cl_{3m-n} \text{ (} n \leq 3m))$) (Li dkk, 2010) sebagai media penggumpal partikel-partikel halus yang tersuspensi menjadi gumpalan-gumpalan yang lebih besar (flok) seperti terlihat pada Gambar 2.1 (Kusnaedi, 2000).

Penambahan koagulan juga berfungsi menetralisasi kelebihan muatan dari suspensi padatan melalui penambahan elektrolit dan menghilangkan air hidrasi atau keduanya. Dengan kata lain sebagai pembentuk jembatan yang dapat diserap antar permukaan suspensi padatan dan memperkuat gaya tarik antar molekul-molekul sehingga membentuk flok yang kuat. Kumpulan flok yang terbentuk dipisahkan secara sedimentasi dan filtrasi hingga didapatkan air yang bersih dan sisanya dibuang berupa limbah padat lumpur (LPL). Sebagian besar LPL dibuang ke tempat pembuangan (*landfill*) dan selokan atau ditimbun pada

kolam penampung yang selama ini menimbulkan permasalahan tersendiri bagi PDAM karena jumlah setiap harinya relatif besar dan terus bertambah sehingga memerlukan penanganan khusus. Selain itu, di beberapa tempat di dunia hingga saat ini LPL dibuang ke saluran yang bersih, ke dalam aliran sungai, diaplikasikan ke lahan, dan ke tempat pembuangan sampah dengan mengasumsikan bahwa lumpur tidak mengandung senyawa yang beracun (Huang dan Wang, 2013).



Gambar 2.1. Proses terbentuknya endapan lumpur

Lumpur (*sludge* bukan *mud* atau *wet dirt*) atau LPL selalu ada di setiap unit pengolahan air, apapun jenis dan bentuk teknologi pengolahannya. Instalasi pengolahan air (IPA) seperti PDAM menghasilkan LPL yang volume hariannya relatif besar, tergantung debit air yang diolah dan konsentrasi kekeruhan air bakunya. Hal ini berkorelasi dengan makin besar debitnya dan makin tinggi konsentrasi padatannya dalam bentuk padatan kasar (*coarse solid*), padatan tersuspensi (*suspended solid*) dan koloid, maka makin besar pula volume LPL yang dihasilkan dari unit *clarifier* dan sedimentasi dalam bentuk diskrit dan flok. LPL dalam bentuk diskrit merupakan lumpur yang butir-butirannya terpisah tanpa penambahan koagulan dan volume per satuan waktunya kecil kecuali dimusim hujan. Sebaliknya, volume LPL dalam bentuk flok yaitu kimflok (*chemiflocc*) sangat besar dihasilkan melalui unit *clarifier* dan sedimentasi yang didahului oleh unit koagulasi dan flokulasi dengan penambahan koagulan (Cahyana, 2009).

LPL IPA merupakan produk samping instalasi pengolahan air (IPA) yang memiliki empat tipe limbah lumpur

yang dihasilkan berdasarkan koagulan yang dipakai yaitu LPL-Fe (koagulan yang digunakan hanya dari garam besi), LPL-Al (koagulan yang digunakan hanya dari garam aluminium), LPL-Fe/Al (koagulan yang digunakan dari garam besi dan aluminium), dan LPL-Ca (terbentuk dari proses *lime softening*). Pada pengolahan air yang menggunakan koagulan dari garam Al seperti alum dan PAC akan terbentuk LPL sebenarnya masih banyak mengandung alum atau PAC dalam bentuk lumpur yang dapat diolah kembali menjadi koagulan. Selama penambahan koagulan pada proses pengolahan air akan terbentuk endapan aluminium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) (Cheng dkk, 2012). LPL IPA memiliki komposisi kimia utama yang sama dengan tanah yaitu mengandung senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 (Wu, 2004). Beberapa literatur menunjukkan komposisi kimia Al_2O_3 yang terdapat dalam LPL IPA berkisar 11,37–28,5 % berat (Hegazy dkk, 2012) dan komposisi kimia lainnya yang dianalisis menggunakan *x-ray fluorescence* (XRF) ditunjukkan Tabel 2.1 serta komposisi mineral yang dianalisis dengan *x-ray diffraction* (XRD) ditunjukkan Gambar 2. Aluminium oksida atau Al_2O_3 merupakan senyawa yang terdistribusi secara luas di alam, tidak dapat larut dalam air dan organik cair, sangat ringan, dan dapat larut dalam larutan asam kuat dan alkali. Pada suhu normal, larutan asam tidak dapat melarutkan SiO_2 namun dapat mengkonversi Al_2O_3 menjadi ion-ion aluminium terlarut yang tergantung pada suhu tinggi dan penggunaan larutan asam yang berlebih (Treybal, 1980).

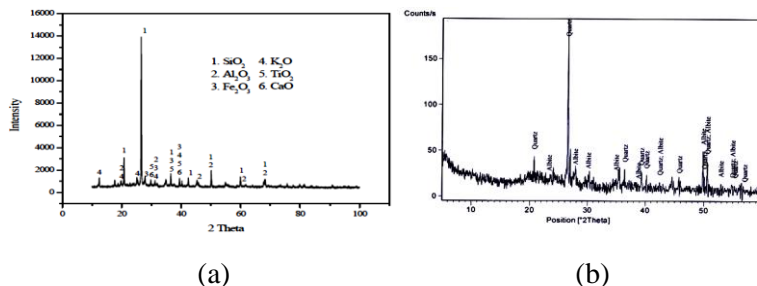
Tabel 2.1. Komposisi kimia LPL IPA di Fong-Yuan Taiwan, Giza Governorate Kairo Mesir, dan Taiwan Water Corporation.

No	Jenis Oksida	Fong-Yuan Taiwan ¹	Giza Governorate Kairo Mesir ²	Taiwan Water Corporation (10 pabrik pengolahan air di Taiwan ³)
1.	SiO ₂	61,93	43,12	62,3 – 66,9
2.	Al ₂ O ₃	11,37	15,97	19,6 – 23,0
3.	Fe ₂ O ₃	5,28	5,26	4,9 – 11,3
4.	K ₂ O	3,67	0,26	0,79 – 2,08
5.	MgO	1,19	0,85	1,06 – 4,15
6.	Na ₂ O	0,62	0,52	0,08 – 1,99
7.	CaO	0,49	5,56	0,72 – 4,26
8.	TiO ₂	0,50	-	-
9.	SO ₃	-	1,49	-
10.	P ₂ O ₅	-	-	-
11.	TiO ₂	-	-	-
12.	V ₂ O ₅	-	-	-
13.	Cr ₂ O ₃	-	-	-
14.	MnO	-	-	-
15.	ZrO ₂	-	-	-
16.	Cl ⁻	-	0,012	-
17.	LOI	-	26,79	3,77 – 13,00

Sumber: ¹Chiang dkk, 2009; ²Hegazy dkk, 2012; ³Huang dan Wang, 2013

Penggunaan kembali LPL IPA dalam berbagai proses seperti adsorpsi logam pada pengolahan limbah, koagulasi, pengkondisian limbah lumpur, dan media lahan basah telah berhasil diuji coba namun perkembangan implementasinya masih terbatas. Hingga sekarang berbagai upaya yang berbeda telah

banyak dilakukan seperti penggunaan kembali LPL sebagai bahan pengolahan air dan air limbah dan perbaikan tanah. Penggunaan kembali LPL IPA untuk kelayakan pengolahan air limbah dan limbah tekstil. Penggunaan kembali LPL IPA dalam bentuk lumpur alum sebagai koagulan untuk pengolahan air limbah yang berisi campuran surfaktan anionik. Penggunaan LPL IPA kering dan/atau basah sebagai koagulan atau adsorben mampu menyisihkan kontaminan-kontaminan seperti boron, krom, fosfat, selenium, arsenik, raksa, timbal dan fluoride (Vinitnantharat dkk, 2010).



Gambar 2.2. Pola analisis XRD LPL IPA (a) Fong-Yuan Taiwan; dan (b) Giza Governorate Kairo Mesir dengan dua fase kristalin utama yaitu quartz [SiO_2] dan albite [Al_2O_3].

(Chiang dkk, 2009; Hegazy dkk, 2012)

LPL IPA memiliki fase kristalin utama (Gambar 2) terdiri dari *quartz* [SiO_2], *albite* [$\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$], *illite*, *chlorite*, dan *feldspar* dengan komposisi mineral fase kristal yang sama dengan tanah lempung (Hegazy dkk, 2012).

Proses globalisasi di Indonesia telah membawa dampak bagi dunia industri di Indonesia, baik industri swasta maupun BUMN. Perusahaan BUMN seperti Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang bergerak dalam bidang penyediaan air minum dalam negeri, berupaya meningkatkan pengadaan dan

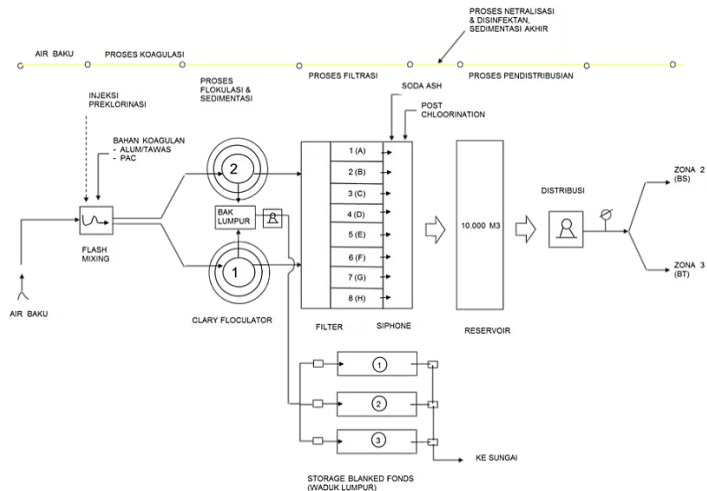
pelayanan air bersih bagi penduduk perkotaan. Dalam rangka meningkatkan pelayanan kepada masyarakat PDAM berbagai kota di Indonesia berupaya mengembangkan sistem produksi, distribusi, pengelolaan sistem manajemen profesional, dan pengelolaan sistem penanganan limbahnya yang berupa LPL agar menjadi perusahaan yang sehat, mandiri, dan prima dalam pelayanan. Salah satunya PDAM Bandarmasih Banjarmasin yang berupaya memperbaiki dan meningkatkan sistemnya dan nantinya dijadikan tempat pengambilan sampel LPL.

PDAM Bandarmasih merupakan PDAM pertama yang ada di kota Banjarmasin Kalimantan Selatan (KAL-SEL). Kapasitas pengolahan awalnya hanya 35 liter/detik dan kini berkembang hingga 546 liter/detik. Berdasarkan data badan pendukung pengembangan sistem penyediaan air minum (BPPSPAM) Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2011 merupakan salah satu PDAM dengan kategori sehat. IPA PDAM Bandarmasih pada dasarnya terbagi menjadi dua yaitu IPA 1 A Yani dan IPA 2 Pramuka (lihat Gambar 2.3 dan 2.4) yang keduanya menggunakan sistem konvensional dan kualitas airnya tetap terjamin dengan kapasitas pengolahan IPA 1 sebesar 546 liter/detik dan IPA 2 Pramuka sebesar 1.025 liter/detik (Hidayanti dan Rahmawati, 2011). Namun di samping itu, PDAM Bandarmasih Banjarmasin juga menghasilkan LPL yang jumlahnya relatif banyak dan belum mampu untuk mengolah hasil akhir sistem pengolahan airnya tersebut. Selama ini, LPL hanya ditumpuk di lahan terbuka tanpa pemanfaatan. Padahal LPL PDAM merupakan bahan alternatif untuk dijadikan bahan bangunan dan diolah kembali menjadi koagulan untuk penjernihan air bakunya.



Gambar 2.3. Sistem IPA 1 A Yani PDAM Bandarmasih Banjarماسin KAL-SEL

(Hidayanti dan Rahmawati, 2011)



Gambar 2.4. Sistem IPA 2 Pramuka PDAM Bandarmasih Banjarماسin KAL-SEL

(Florenca dan Fadhilah, 2011)

2.2. Pemisahan Aluminium dari LPL PDAM

Pengambilan kembali (recovery) koagulan (alum atau PACl) dari LPL pengolahan air dapat dilakukan melalui beberapa proses yaitu dekomposisi panas, elektrolisis, pertukaran ion, reaktor membran, pelarutan dengan basa (basification), dan pelarutan dengan asam (acidification) (Petruzzelli dkk, 2000; Xu dkk, 2009). Efisiensi recovery koagulan dalam bentuk aluminium oksida (Al_2O_3) dapat diperoleh sebesar 70% lebih dari lumpur pengolahan air dengan metode asam (acidification) dan dapat menghemat biaya operasional sebanyak 50-60% penggunaan bahan kimia pada proses pengolahan air limbah menggunakan metode koagulasi-flokulasi (Massides dkk, 1988). Recovery koagulan dengan metode acidification memberikan efisiensi yang tinggi dan biaya yang rendah dibandingkan metode lainnya (Xu dkk, 2009). Proses ekstraksi padat cair (leaching) pada lumpur pengolahan air unit clarifier umumnya menggunakan pelarut asam H_2SO_4 atau HCl . Cheng dkk (2012) menyatakan kondisi optimum proses leaching yang dilakukan dengan variasi konsentrasi H_2SO_4 , kecepatan pengadukan, suhu, dan waktu reaksi terhadap perolehan 90 % leaching alum diperoleh secara berurutan 1N H_2SO_4 , 100 rpm, 70°C , dan 30-60 menit. Recovery aluminium sebanyak 65,38-86,33% dari lumpur hasil pengolahan air di lima tempat negara Taiwan menggunakan proses leaching dengan pelarut H_2SO_4 98% yang ditambahkan dalam 500 mL lumpur, pH 2, kecepatan pengadukan sebesar 200 rpm selama 2 jam (Chen dkk, 2011). Jimenez dkk, 2007 menjelaskan perolehan sebanyak 70% ekstrak Al dari lumpur pengolahan air bersih menggunakan proses leaching dengan pelarut H_2SO_4 pada kondisi pH 2, kecepatan pengaduk 300 rpm, waktu kontak selama 30 menit, total solid (TS) < 6%, dan rasio $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Al}$ sebanyak 5,44 g/g. Penggunaan pelarut H_2SO_4 dan NaOH pada proses leaching dapat diperoleh ekstrak aluminium (Al) secara berurutan sebesar 61% (pH 1,0) dan 71 % (pH 13,6) pada kondisi 2% rasio lumpur kering per pelarut, waktu pengadukan selama 90 menit, dan waktu pengendapan selama 45 menit (Boaventura dkk, 2000).

2.3. Ekstraksi Padat Cair (*leaching*)

Ekstraksi merupakan proses untuk menarik bagian yang aktif atau zat pencemar dari padatan atau campuran menggunakan cairan pelarut yang tidak atau hanya melarut sebagian dengan padatan atau cairan, atau metode pemisahan campuran yang didasarkan atas perbedaan kelarutan suatu zat terlarut (*solute*) dalam pelarut dan dibedakan menjadi dua proses yaitu ekstraksi cair-cair (*liquid extraction* atau *solvent extraction*) dan ekstraksi padat cair (*leaching*). *Leaching* merupakan proses peluruhan bagian yang mudah terlarut (*solute*) dari suatu padatan dengan menggunakan pelarut tertentu pada temperatur dan proses alir tertentu sehingga melibatkan perpindahan massa *solute* dari dalam matrik padatan ke fase cairan dan dikatakan sebagai proses desorpsi irreversibel. Proses tersebut dilakukan untuk mendapatkan bagian yang mudah terlarut karena lebih bernilai dari padatannya, misalnya bahan tambang, minyak nabati, dan lain-lain, ataupun untuk menghilangkan bahan kontaminan yang mudah terlarut dari padatan yang lebih bernilai, misalnya pigmen dari kontaminan kimiawi yang bisa atau mudah dilarutkan (Treybal 1980).

Beberapa faktor penting yang secara dominan mempengaruhi laju ekstraksi (Richarson 2001) yaitu (1) ukuran partikel; semakin kecil ukuran *solute*, akan semakin mudah mengekstraksinya selain itu hendaknya ukuran butiran partikel tidak memiliki *range* yang jauh satu sama lain, sehingga setiap partikel akan menghabiskan waktu ekstraksi yang sama. (2) pelarut (*solvent*); pelarut harus mempunyai selektivitas tinggi, artinya kelarutan zat yang ingin dipisahkan dalam pelarut harus besar, sedangkan kelarutan dari padatan pengotor kecil atau diabaikan. Viskositas pelarut sebaiknya cukup rendah sehingga dapat bersirkulasi dengan mudah. (3) temperatur; dalam banyak kasus, kelarutan material yang diekstraksi akan meningkat dengan naiknya temperatur, sehingga laju ekstraksi semakin besar. Koefisien difusi diharapkan meningkat dengan naiknya

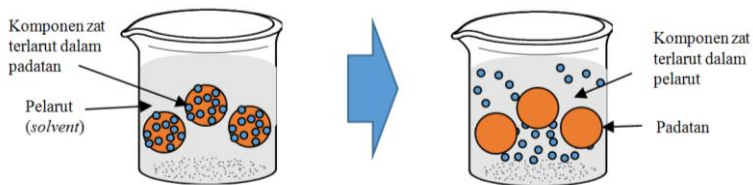
temperatur untuk memberikan laju ekstraksi yang lebih tinggi. (4) pengadukan atau agitasi; agitasi *fluida (solvent)* akan memperbesar transfer material dari permukaan padatan ke larutan dan mencegah terjadinya sedimentasi. (5) Perbandingan berat bahan dengan volume pelarut. Perbandingan ini mempengaruhi tegangan permukaan dari butir-butir bahan dan proses keluarnya zat terlarut dari padatan. Beberapa literatur menunjukkan pengaruh berbagai parameter *leaching* terhadap laju *leaching* yang diperoleh dengan menggunakan material LPL IPA dan tanah lempung dengan pelarut asam ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Berbagai parameter proses *leaching* terhadap laju ekstraksi yang menggunakan LPL IPA dan Tanah Lempung dengan pelarut asam

No.	Material	Jenis Pelarut	Parameter Optimum	Perolehan Ekstraksi	Literatur
1.	LPL IPA Min-Der, Miaoli, Taiwan	Asam sulfat (H ₂ SO ₄)	1. Suhu pengeringan LPL IPA 105°C. 2. Berat LPL IPA 30 gram. 3. Kecepatan pengaduk <i>leaching</i> 100 rpm. 4. Konsentrasi H ₂ SO ₄ 1N. 5. Waktu <i>leaching</i> 60 menit. 6. Suhu <i>leaching</i> 70°C.	70-90 %	Cheng dkk, 2012.
2.	Tanah lempung (<i>clay</i>) Ukpor, Nigeria	Asam nitrat (HNO ₃)	1. Suhu kalsinasi 650°C. 2. Waktu kalsinasi 80 menit. 3. Konsentrasi HNO ₃ 6M. 4. Rasio solid/liquid 0,02 gram/mL. 5. Suhu <i>leaching</i> 100°C. 6. Ukuran partikel 0,045 mm.	81,7%	Ajemba. R.O, Onukwuli .O.D, 2012a.

			7. Kecepatan pengaduk 540 rpm.		
3.	Tanah lempung kaolin Az-Zabirah area, Arab Saudi	Asam sulfat (H_2SO_4)	1. Suhu kalsinasi 750°C. 2. Waktu kalsinasi 2 jam. 3. Konsentrasi H_2SO_4 40% 4. Ukuran pertikel 65 mesh 5. Waktu <i>leaching</i> 1 jam. 6. Rasio liquid:solid 120%	89,5%	Zahrani dan Majid, 2004.
4.	Tanah lempung kaolin Huber CW USA	Asam nitrat (HNO_3), Asam sulfat (H_2SO_4), Asam klorida (HCl)	1. Suhu kalsinasi 732°C. 2. Waktu kalsinasi 2 jam. 3. Berat lempung kaolin 25g 4. Konsentrasi HNO_3 5,9N; H_2SO_4 dan HCl 8,6 N. 5. Suhu <i>leaching</i> 95°C. 6. Waktu <i>leaching</i> 120 menit. 7. Kecepatan pengaduk <i>leaching</i> 1100 rpm.	80-90%	Hulbert dan Huff, 1970.

Faktor pengendali laju *leaching* ketika melarutkan zat padat dalam suatu pelarut merupakan laju perpindahan massa *solute* dari permukaan zat padat ke cairan. Perpindahan massa *solute* dari padatan ke cairan dilakukan dengan dua tahapan proses yaitu melalui difusi dari dalam padatan ke permukaan padatan dan perpindahan massa dari permukaan padatan ke cairan dengan mengasumsikan ukuran padatan cukup kecil sehingga konsentrasi *solute* dalam padatan selalu homogen atau tidak ada gradien konsentrasi dalam padatan (Gambar 2.5).



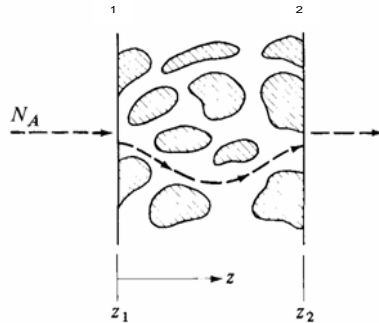
Gambar 2.5. Mekanisme sederhana proses *leaching*

Pada dasarnya tidak ada tahanan dalam fasa padatan bila berupa material murni. Pada sistem *batch*, difusi dalam padatan terjadi sangat cepat jika dibandingkan dengan difusi dari partikel. Difusi molekular merupakan perpindahan molekul dari daerah konsentrasi tinggi ke daerah konsentrasi lebih rendah dengan pergerakan molekul secara acak.

Umumnya laju difusi dalam padatan terjadi sangat lambat daripada dalam cairan dan gas, sehingga perpindahan massa dalam padatan berperan sangat penting dalam proses kimia dan biologi. Difusi dalam padatan dibagi menjadi tiga bagian yaitu difusi dalam padatan berdasar hukum Fick, difusi dalam padatan berongga (berdasarkan struktur padatan), dan difusi pada keadaan *unsteady* untuk berbagai geometri (Geankoplis, 1995).

Difusi dalam padatan berdasarkan Hukum Fick tidak tergantung pada struktur padatan. Pada proses *leaching*, difusi terjadi bila cairan atau *solute* yang terlarut dalam padatan berdifusi ke bentuk larutan homogen yang lain.

Difusi dalam padatan berongga tergantung pada struktur padatan memiliki pori-pori atau *interconnected voids* dalam padatan yang berpengaruh terhadap difusi. Difusi liquid dalam padatan berongga terjadi jika ruang kosong atau pori-pori (*voids*) terisi dengan cairan sehingga konsentrasi *solute* dalam cair berada pada lapisan 1 (c_{A1}) dan pada lapisan 2 (c_{A2}) (Gambar 2.6).



Gambar 2.6. Skema padatan berongga

Difusi *solute* yang berada dalam *volume void* terus bergerak melalui lintasan *tortuous* (*tortuous path*) sepanjang $z_2 - z_1$ dengan faktor τ merupakan *tortuosity*. Namun dalam padatan *inert*, proses difusi tidak terjadi.

Difusi gas dalam padatan berongga terjadi bila *voids* dipenuhi dengan gas, maka kondisinya sama dengan difusi cairan dalam padatan berongga. Namun jika pori-pori padatan sangat besar maka difusi Fick yang terjadi.

Selain itu terdapat pula ekstraksi cairan super kritis (*supercritical fluid extraction* (SCFE)) yang banyak diaplikasikan pada bahan alam seperti biji-biji tumbuhan untuk mendapatkan bahan atau zat lain yang diinginkan menggunakan pelarut CO_2 yang dikondisikan berada diatas tekanan dan suhu kritis agar memiliki sifat di antara cairan dan gas (Sediawan, 2000).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan tujuan yang ingin dicapai adalah melakukan kajian senyawa-senyawa yang terkandung dalam LPL PDAM Banjarmasin dan melakukan kajian proses ekstraksi aluminium oksida dari LPL PDAM Banjarmasin menggunakan metode *agitated leaching* dengan paramater yang berpengaruh meliputi pelarut HCl, ukuran partikel, suhu, waktu reaksi, kecepatan pengadukan, dan perbandingan padatan & pelarut.

Variabel yang digunakan pada eksperimen ini antara lain temperatur *leaching* (30°C , 50°C , 70°C , dan 90°C), konsentrasi pelarut HCl (0.5 M, 1 M, 1.5 M, 2 dan 4 M), dan waktu *leaching* (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, dan 60 menit). Semua hasil eksperimen diuji menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) untuk mengetahui jumlah logam aluminium yang terekstraksi, yang kemudian digunakan untuk menghitung % *recovery* aluminium.

4.1 Analisa Senyawa dalam LPL PDAM Banjarmasin

LPL PDAM Banjarmasin dianalisa secara kualitatif dengan menggunakan metode uji *x-ray diffraction* (XRD) untuk menentukan senyawa minerologi yang terkandung, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.1, Dan dianalisa secara kualitatif dan kuantitatif dengan menggunakan metode uji *x-ray fluorescence* (XRF) untuk menentukan senyawa yang terkandung dan konsentrasinya yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. LPL PDAM Banjarmasin memiliki komposisi kimia utama yang sama dengan tanah yaitu mengandung senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 (Wu, 2004). Aluminium oksida atau Al_2O_3 merupakan senyawa yang

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

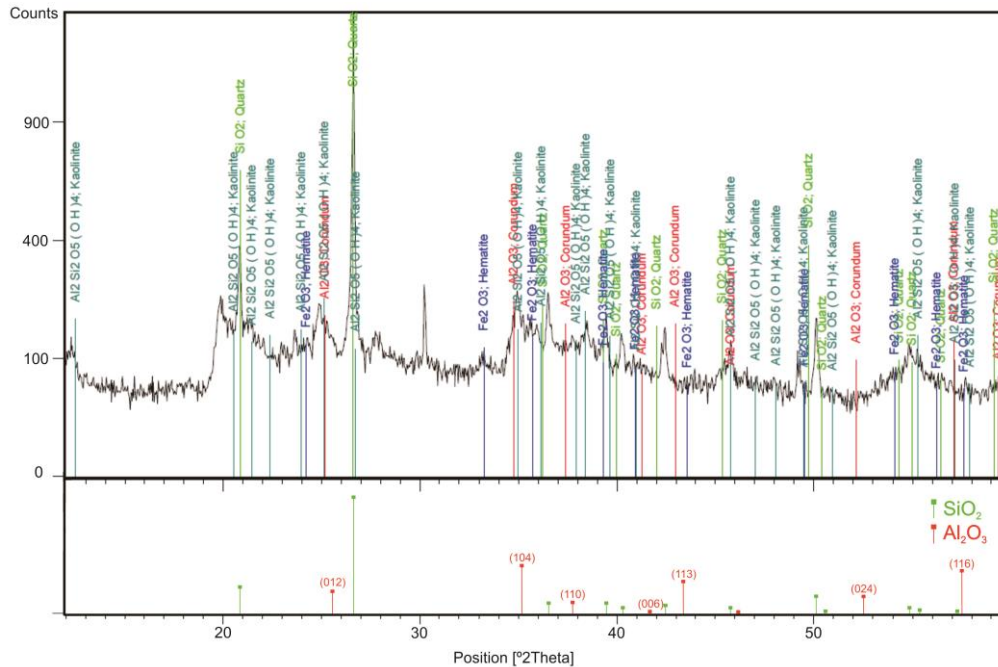
1. Hasil analisa dengan metode uji *x-ray diffraction* menunjukkan bahwa LPL PDAM Banjarmasin mengandung silika oksida (SiO_2) dan aluminium oksida (Al_2O_3). Dan dengan metode uji *x-ray flourecence* menunjukkan bahwa LPL PDAM Banjarmasin mengandung silika oksida sebesar 64,6% berat, dan aluminium oksida sebesar 18,5% berat.
2. Pada penelitian ini, kondisi optimum proses *leaching* LPL PDAM Banjarmasin dengan parameter tetap *solid/liquid ratio* sebesar 0,02 gr/mL, dan kecepatan pengadukan 300 rpm, yaitu pada temperatur *leaching* sebesar 90 °C, konsentrasi HCl 2 M, dan waktu *leaching* selama 10 menit dengan %*recovery* aluminium sebesar 68,49%.

5.2 Saran

Saran-saran untuk penelitian kedepan yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian kondisi optimum proses *leaching* untuk kecepatan pengadukan, ukuran partikel, dan *solid liquid ratio*.
2. Perlu dicoba eksperimen dengan menggunakan asam yang lain untuk mendapatkan %*recovery* yang lebih baik.

terdistribusi secara luas di alam, tidak dapat larut dalam air dan organik cair, sangat ringan, dan dapat larut dalam larutan asam kuat dan alkali. Pada suhu normal, larutan asam tidak dapat melarutkan SiO_2 namun dapat mengkonversi Al_2O_3 menjadi ion-ion aluminium terlarut yang tergantung pada suhu tinggi dan penggunaan larutan asam yang berlebih (Treybal, 1980).



Gambar 4.1 Pola analisis XRD LPL IPA PDAM Banjarmasin Indonesia dengan dua fase kristalin utama yaitu quartz [SiO₂] dan Corundum [Al₂O₃].

LPL IPA memiliki fase kristalin utama (Gambar 4.1) terdiri dari *quartz* [SiO_2], *Corundum* (Al_2O_3), dan kaolinite [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$] dengan komposisi mineral fase kristal yang sama dengan tanah lempung (Hegazy dkk, 2012; Huang dan Wang, 2013).

Tabel 4.1 Komposisi Kimia LPL PDAM Banjarmasin dengan menggunakan metode uji XRF

No	Jenis Oksida	Jumlah (% Berat)
1	SiO_2	64,6
2	Al_2O_3	18,5
3	K_2O	2,38
4	MgO	0,5
5	CaO	2,65
6	P_2O_5	0,99
7	TiO_2	3,06
8	V_2O_5	0,42
9	Cr_2O_3	0,86
10	MnO	5,5
11	ZrO_2	0,52

Dari hasil analisa dengan metode uji XRF pada tabel 4.1, menunjukkan bahwa LPL PDAM Banjarmasin mengandung aluminium oksida (Al_2O_3) dengan jumlah yang cukup besar yaitu 18,5% berat, hal ini sesuai dengan hasil analisa metodi uji XRD yang ditunjukkan pada gambar 4.1.1 bahwa LPL PDAM Banjarmasin memang mengandung aluminium. Al_2O_3 tidak dapat bereaksi dengan asam pada temperatur normal; hanya *solid-phase amorphous* $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang ada pada lapisan permukaan LPL yang dapat di ekstraksi dengan pengasaman LPL. Oleh karena itu, total jumlah aluminium yang dapat diekstraksi dengan menggunakan proses pengasaman ditentukan dengan menggunakan metode standar yang diumumkan resmi oleh Taiwan Environmental Protection Administration (NIEA

R353.00C). Sampel LPL dilarutkan dengan asam nitrat (1:1) dan hasil filtratnya dianalisis dengan menggunakan metode uji *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) untuk menentukan jumlah aluminium, atau Al(III), yang dapat diekstraksi dari LPL pada kondisi asam. Hasil yang didapat yaitu menunjukkan bahwa sekitar 61,8 mg aluminium dapat diekstraksi dari 1 gr LPL, dan recovery (*leaching ratio*) Al(III) (x) dapat ditunjukkan sebagai:

$$x = \frac{C}{C_0}$$

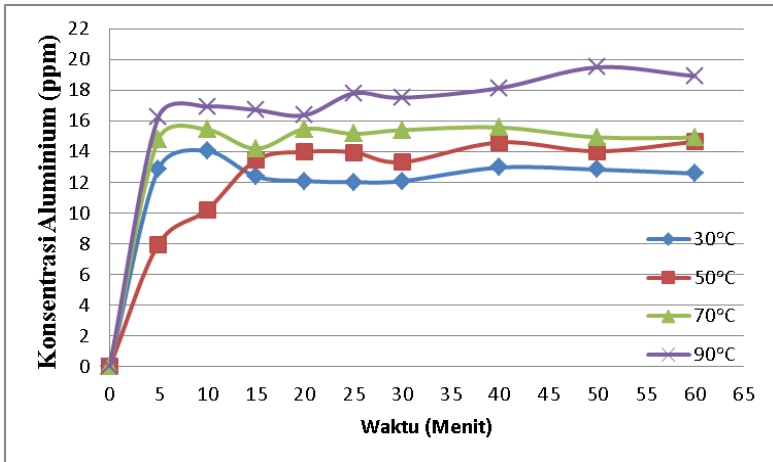
Dimana C_0 merupakan jumlah Al(III) yang dapat diekstraksi dengan proses pengasaman (61.8 mg/g). Dan C adalah jumlah Al(III) yang terekstraksi pada berbagai kondisi (mg/g).

(Cheng dkk, 2012)

4.2 Pengaruh Temperatur *Leaching* terhadap %Recovery Aluminium

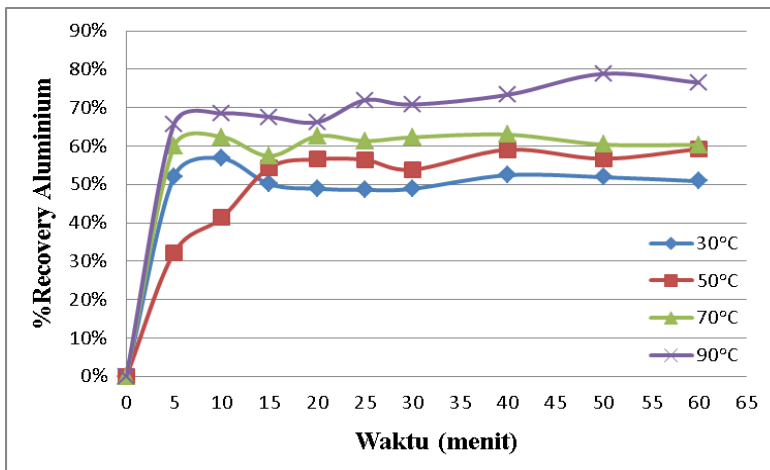
Pada eksperimen ekstraksi aluminium terhadap berbagai waktu reaksi dan beberapa parameter tetap yaitu kecepatan pengaduk 300 rpm, ukuran partikel sebesar 200-325 mesh, waktu *leaching* selama 60 menit, *solid liquid ratio* 0,02 gr/ml, dan konsentrasi aluminium klorida (HCl) 4 M.

Setelah mencapai kondisi operasi tersebut, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring, kemudian filtratnya diambil dan dianalisa menggunakan metode uji ICP-OES. Hasil analisa konsentrasi aluminium yang terkandung dalam filtrat terhadap berbagai temperatur ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh temperatur *leaching* terhadap konsentrasi aluminium pada berbagai waktu *leaching*

Kemudian melakukan perhitungan hasil analisa untuk mengetahui % *recovery* aluminium. Grafik hasil *recovery* aluminium terhadap berbagai temperatur ditunjukkan pada gambar 4. 3



Gambar 4.3 Pengaruh temperatur *leaching* terhadap % *recovery* aluminium pada berbagai waktu *leaching*

Banyaknya ion Al (III) yang terekstraksi pada berbagai waktu reaksi untuk berbagai suhu ditunjukkan pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 diatas. Pada waktu reaksi tertentu, laju *leaching* Al (III) meningkat seiring dengan naiknya temperatur. Hasil yang serupa juga didapatkan dari penelitian *leaching* LPL dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dimana laju *recovery* Al(III) meningkat seiring dengan naiknya temperatur. (Cheng dkk, 2012).

Laju *recovery* Al(III) semakin meningkat dengan bertambahnya suhu dikarenakan dengan naiknya suhu akan menyebabkan gerakan molekul pelarut HCl semakin cepat. Kenaikan pergerakan molekul HCl yang disebabkan kenaikan suhu menyebabkan reaksi berlangsung semakin cepat, sehingga kecepatan reaksi berbanding lurus dengan suhu (Levenspiel, 1999). Selain itu, kenaikan suhu menyebabkan pori-pori padatan mengembang sehingga memudahkan HCl sebagai pelarut untuk berdifusi masuk ke dalam partikel padatan dan melarutkan

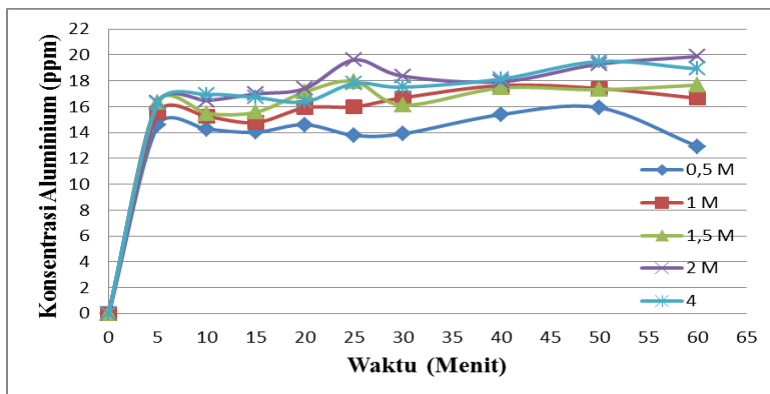
aluminium didalamnya. Dalam banyak kasus, kelarutan material yang diekstraksi akan meningkat dengan naiknya temperatur, sehingga laju ekstraksi semakin besar (Richarson, 2001).

Pada suhu reaksi tertentu, *recovery* Al (III) meningkat seiring dengan bertambahnya waktu, akan tetapi waktu untuk proses *leaching* agar mencapai *steady state* pada waktu yang berbeda-beda. Pada temperature 30, 50, 70, dan 90 °C, secara berurutan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *steady state* adalah 5, 15, 5, dan 5 menit. *Recovery* leaching naik pada 5 menit awal kemudian mulai stabil pada menit-menit selanjutnya dikarenakan pada 5 menit awal, ion H^+ dapat dengan mudah menembus dan berdifusi melewati lapisan permukaan dari *inert layer* menuju inti yang belum bereaksi dan bereaksi dengan $Al(OH)_3$ dan ion $Al(OH)_m^{n+}$ dengan mudah menembus dan berdifusi melalui lapisan permukaan dari *inert layer* menuju ke bagian *outer layer*. Sedangkan setelah 5 menit awal *recovery* mulai stabil dikarenakan setelah terjadinya reaksi antara ion H^+ dan $Al(OH)_3$, inti yang belum bereaksi dari LPL menyusut sehingga menyebabkan semakin sulitnya terjadi reaksi, hal ini ditunjukkan pada gambar 4.6 (Cheng dkk, 2012). Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum untuk proses *agitated leaching* yaitu pada suhu 90°C dan waktu 10 menit, dikarenakan %*recovery* aluminium diatas waktu *leaching* 10 menit sudah mulai konstan. Sedangkan untuk suhu diatas 90°C tidak dapat dilakukan karena larutan mulai berubah menjadi uap.

4.3 Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida (HCl) terhadap %*Recovery* Aluminium

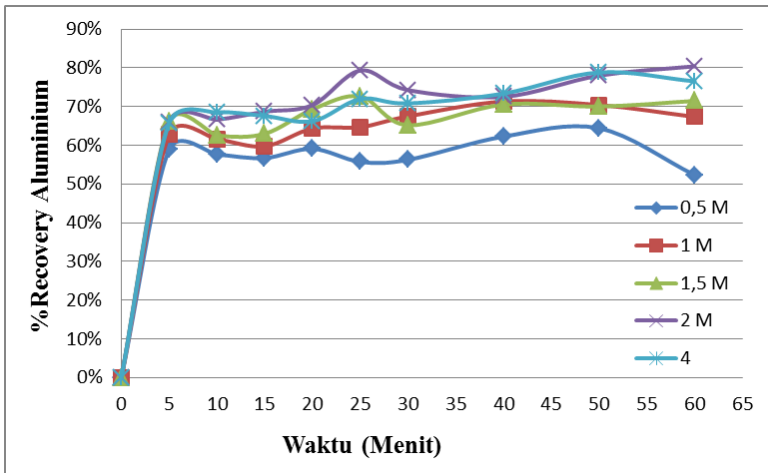
Pada eksperimen ekstraksi aluminium terhadap berbagai waktu reaksi dan beberapa parameter tetap yaitu kecepatan pengaduk 300 rpm, ukuran partikel sebesar 200-325 mesh, waktu *leaching* selama 60 menit, *solid liquid ratio* 0,02 gr/ml, dan temperatur 90 °C.

Setelah mencapai kondisi operasi tersebut, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring, kemudian filtratnya diambil dan dianalisa menggunakan metode uji ICP-OES. Hasil analisa konsentrasi aluminium yang terkandung dalam filtrat terhadap berbagai konsentrasi asam klorida ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengaruh konsentrasi asam klorida terhadap konsentrasi aluminium pada berbagai waktu *leaching*

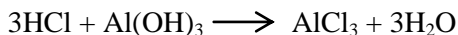
Kemudian melakukan perhitungan hasil analisa untuk mengetahui % *recovery* aluminium. Grafik hasil *recovery* aluminium terhadap berbagai temperatur ditunjukkan pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Pengaruh konsentrasi asam klorida terhadap % *recovery* pada berbagai waktu *leaching*

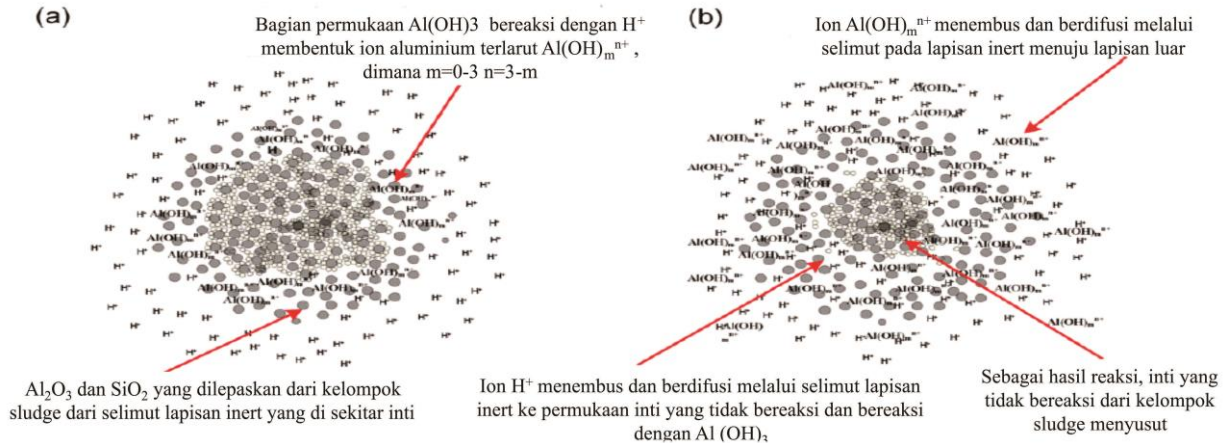
Banyaknya ion Al (III) yang terekstraksi pada berbagai waktu reaksi untuk berbagai suhu ditunjukkan pada gambar 4.4 dan gambar 4.5. Pada waktu reaksi tertentu, laju *leaching* Al(III) (%*recovery*) meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi. Hasil yang serupa juga didapatkan dari penelitian *leaching* LPL dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dimana laju *recovery* Al(III) meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi. (Cheng dkk, 2012), dan juga dari penelitian ekstraksi metal dengan asam klorida dari fly ash yang menyatakan bahwa *recovery* Al(III) meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi (Inoue, 2011).

Laju *leaching* Al(III) (%*recovery*) meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi dikarenakan semakin tinggi konsentrasi pelarut HCl maka akan semakin banyak HCl yang dapat bereaksi dengan aluminium dan membentuk ion Al(III) sehingga semakin banyak %*recovery* aluminium yang terbentuk sesuai dengan reaksi:



Waktu proses *leaching* yang dibutuhkan untuk mencapai *steady state* pada konsentrasi 0.5; 1; 1.5; 2 dan 4 M adalah 5 menit. *Recovery leaching* naik pada 5 menit awal kemudian mulai stabil pada menit-menit selanjutnya dikarenakan pada 5 menit awal, ion H^+ dapat dengan mudah menembus dan berdifusi melewati lapisan permukaan dari *inert layer* menuju inti yang belum bereaksi dan bereaksi dengan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan ion $\text{Al}(\text{OH})_m^{n+}$ dengan mudah menembus dan berdifusi melalui lapisan permukaan dari *inert layer* menuju ke bagian *outer layer*. Sedangkan setelah 5 menit awal *recovery* mulai stabil dikarenakan setelah terjadinya rekasi antara ion H^+ dan $\text{Al}(\text{OH})_3$, inti yang belum bereaksi dari LPL menyusut sehingga menyebabkan semakin sulitnya terjadi reaksi, hal ini ditunjukkan pada gambar 4.6 (Cheng dkk, 2012). Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum proses *leaching* yaitu pada konsentrasi 2 M dan waktu 10 menit, dikarenakan %*recovery* sudah mulai konstan diatas konsentrasi 2 M dan waktu *leaching* 10 menit.

Mekanisme diffusi yang terjadi pada saat proses *agitated leaching* berlangsung ditunjukkan oleh gambar 4.6.



Gambar 4.6 *Acidic Leaching* dari LPL (a) Permukaan *sludge* pada periode awal *leaching* (b) Inti dari *sludge* yang mengandung- $\text{Al}(\text{OH})_3$, reduksi dan diffusi ion $\text{Al}(\text{III})$ dari lumpur menjadi tidak mudah

(Cheng dkk, 2012)

DAFTAR PUSTAKA

- Ajemba. R.O, Onukwuli.O.D, (2012a), "Application of The Shrinking Core Model to The Analysis of Alumina Leaching From Ukpok Clay Using Nitric Acid", *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 1, Issue. 3, hal. 1-13.
- Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM), (2011), *Daftar PDAM yang Berkinerja Sehat*, Kementerian Pekerjaan Umum RI.
- Boaventura. R.A.R, Duarte. A.A.S, Almeida. M.F, (2000), "Aluminum Recovery From Water Treatment Sludges", *IV International Conference Water Supply and Water Quality*, Kraków, Polandia.
- Chen. Y.J, Wang. W.M, Wei. M.J, Chen. J.L, He. J.L, Wu. C.C, (2011), "Effects of Alum Sludge Characteristics on The Efficiency of Coagulants Recovery by Acidification", *Proceedings of the International Conference on Solid Waste*, Hong Kong SAR, P.R. China.
- Cheng. W.P, Fu. C.H, Chen. P.H, Yu. R.F, (2012), "Dynamics of aluminum leaching from water purification sludge", *Journal of Hazardous Materials*, Vo. 217-218, hal. 149-155.
- Chiang. K.Y, P.H. Chou, C.R. Hua, K.L. Chien, C. Cheeseman, (2009), "Lightweight Bricks Manufactured from Water Treatment Sludge and Rice Husks", *Journal of Hazardous Materials*, 171, hal. 76-82.
- Florencia. S. L, Fadhilah. A, (2010), *Pengolahan Air Baku Menjadi Air Distribusi Menggunakan PAC Liquid sebagai Koagulan di PDAM Bandarmasih Kota Banjarmasin*, Laporan Kerja Praktek, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.
- Geankoplis. C. J, (1995), *Transport Processes and Unit Operations*. 3rd edition, Prentice-Hall International, New Jersey.

- Hegazy. B.E.D.E, Fouad. H.A., Hassanain. A.M, (2012a), "Brick Manufacturing from Water Treatment Sludge and Rice Husk Ash", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3), hal. 453-461.
- Hegazy. B.E.D.E, Fouad. H.A, Hassanain. A.M, (2012b), "Incorporation of Water Sludge, Silica Fume, and Rice Husk Ash in Brick Making", *Advances in Environmental Research*, Vol. 1, No. 1, hal. 83-96.
- Hidayanti. K, Rahmawati. F, (2011), *PDAM Bandarmasih "Banyu kada bewayahan"*, Laporan Kerja Praktek, Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta.
- Huang. C. H, Wang. S. Y, (2013), "Application of Water Treatment Sludge in the Manufacturing of Lightweight Aggregate", *Construction and Building Materials*, Vol. 43, hal. 174-183.
- Hulbert. S.F, Huff. D.E, (1970), "Kinetics of Alumina Removal from A Calcined Kaolin with Nitric, Sulphuric and Hydrochloric Acids", *Clay Minerals Journal*, Vol. 8, hal. 337.
- Inoue Katsutoshi, Kai Huang, Hiroyuki Harada, Hidetaka Kawakita, Keisuke Ohto (2011), "Leaching Behavior of Heavy Metals with Hydrochloric Acid from Fly Ash Generated in Municipal Waste Incineration Plants", *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, Vol. 21, hal. 1423
- Li. F, Jiang. J.Q, Wu. S, Zhanga. B, (2010), "Preparation and Performance of A High Purity Poly-Aluminum Chloride", *Chemical Engineering Journal*, 156, hal. 64-69.
- Petruzzelli D, A. Volpe,. N. Limoni,. R. Passino, (2000), "Coagulants Removal and Recovery from Water Clarifier Sludge", *Water Research Journal*, Vol. 34, Issue 7, hal. 2177-2182.
- Sediawan. W.B, (2000), "Berbagai Teknologi Proses Pemisahan", *Prosiding Presentasi Ilmiah Daur Bahan*

- Bakar Nuklir V, P2TBDU dan P2BGN-BATAN, Jakarta.
- Treybal. R. E, (1980), *Mass Transfer Operations*, 3rd edition, McGraw-Hill, New York.
- Vinitnantharat. S, Kositchaiyong. S, Chiarakorn. S, (2010), "Removal of Fluoride in Aqueous Solution by Adsorption on Acid Activated Water Treatment Sludge", *Appl. Surf. Sci.*, Vol. 256, hal. 5458-5462.
- Wu. C. H, (2004), "Regeneration and Reuse of Water Treatment Plant Sludge: Adsorbent for Cations", *J. Environ. Sci. Health*, Vol. A 39, hal. 717-728.
- Xu. G.R, Yan. Z.C, Wang. Y.C, Wang. N, (2009), "Recycle of Alum Recovered from Water Treatment Sludge in Chemically Enhanced Primary Treatment", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 161, hal. 663-669.
- Zahrani. A.A.A, Majid. M.H.A, (2004), "Production of Liquid Alum Coagulant from Local Saudi Clays", *JKAU: Eng. Sci.*, Vol. 15 no. 1, hal. 3-17.

APPENDIKS

1. Cara Perhitungan Membuat Larutan HCl

HCl yang digunakan adalah HCl 32% (PA)

$$\begin{aligned}\text{Densitas HCl} &= 1,143 \text{ kg/L} \\ &= 1,16 \times 1000 \text{ g/L}\end{aligned}$$

$$\text{Berat Molekul HCl} = 36,5 \text{ gr/grmol}$$

maka,

$$\begin{aligned}\text{Mol HCl 32\%} &= (0,32 \times 1,143 \times 1000) / 36,5 \\ &= 10,02 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi HCl 32\% per L (M)} &= 10,02 \text{ mol} / 1 \text{ L} \\ &= 10,02 \text{ M}\end{aligned}$$

Untuk membuat HCl 2M sebanyak 250 mL, maka:

$$\begin{aligned}M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 10,02 \text{ M} \times V_1 &= 2 \text{ M} \times 250 \text{ mL} \\ V_1 &= 49,9 \text{ mL}\end{aligned}$$

Jadi, volume awal HCl 32% yang diperlukan adalah 49,9 mL, kemudian diencerkan sampai dengan volume 250 mL.

2. Data Hasil Analisa aluminium dalam filtrat pada berbagai temperatur dengan menggunakan metode ICP

Tabel 1 Hasil analisa aluminium dalam filtrat pada berbagai temperatur dengan menggunakan metode ICP dalam satuan ppm

	Hasil Analisa Aluminium dalam Filtrat (ppm)			
Waktu (menit)	30 °C	50 °C	70 °C	90 °C
0	0	0	0	0
5	12,87	7,96	14,81	16,26
10	14,04	10,21	15,42	16,93
15	12,38	13,45	14,19	16,71
20	12,08	13,98	15,47	16,37
25	12,01	13,95	15,16	17,79
30	12,08	13,31	15,4	17,51
40	12,96	14,6	15,57	18,14
50	12,83	14,02	14,93	19,49
60	12,57	14,65	14,91	18,92

a. Cara Perhitungan Menentukan Jumlah Aluminium Terekstraksi

➤ Contoh pada waktu 5 menit untuk suhu 30°C

Jumlah aluminium = hasil analisa aluminium dalam filtrat (mg/L) x faktor pengenceran x Volume larutan / massa LPL yang digunakan

Jumlah aluminium = 12,87 mg/L x 50 * 1 L/1000 mL x 250 mL / 5 gr

$$= 32,175 \text{ mg/g}$$

Semua data kemudian dibuat dalam bentuk tabel seperti pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil analisa aluminium dalam filtrat pada berbagai temperatur dengan menggunakan metode ICP dalam satuan mg/g

	Hasil Analisa Aluminium dalm Filtrat (mg/g)			
Waktu (menit)	30 °C	50 °C	70 °C	90 °C
0	0	0	0	0
5	32,175	19,9	37,025	40,65
10	35,1	25,525	38,55	42,325
15	30,95	33,625	35,475	41,775
20	30,2	34,95	38,675	40,925
25	30,025	34,875	37,9	44,475
30	30,2	33,275	38,5	43,775
40	32,4	36,5	38,925	45,35
50	32,075	35,05	37,325	48,725
60	31,425	36,625	37,275	47,3

b. Cara Perhitungan Menentukan %Recovery

Dimana aluminium awal (C_0) didapatkan dengan *standard* metode Taiwan yaitu:

$$\begin{aligned}(C_0) &= 61,8 \text{ ppm} = 61,8 \text{ mg/L} \\(C_0) &= \text{hasil analisa aluminium dalam filtrat (mg/l)} \\&\quad \times \text{faktor pengenceran} \times \\&\quad \text{Volume larutan / massa LPL yang} \\&\quad \text{digunakan} \\(C_0) &= 61,8 \text{ mg/L} \times 50 \times 1 \text{ L/1000 mL} \times 20 \text{ mL} / 1 \\&\quad \text{gr} \\&= 61,8 \text{ mg/g}\end{aligned}$$

- Contoh pada waktu 5 menit untuk suhu 30°C
- $$\begin{aligned}\% \text{Recovery} &= \text{aluminium dalam filtrat (C)} / \\&\quad \text{aluminium awal (C}_0\text{)} \times 100\% \\&= 32,175 \text{ mg/g} / 61,8 \text{ mg/g} \times 100\% \\&= 52,06\%\end{aligned}$$

Semua data kemudian dibuat dalam bentuk tabel seperti pada tabel 3

Tabel 3 Hasil *recovery* aluminium dalam filtrat pada berbagai temperatur

	Recovery Aluminium			
Waktu (menit)	30 °C	50 °C	70 °C	90 °C
0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5	52,06%	32,20%	59,91%	65,78%
10	56,80%	41,30%	62,38%	68,49%
15	50,08%	54,41%	57,40%	67,60%
20	48,87%	56,55%	62,58%	66,22%
25	48,58%	56,43%	61,33%	71,97%
30	48,87%	53,84%	62,30%	70,83%
40	52,43%	59,06%	62,99%	73,38%
50	51,90%	56,72%	60,40%	78,84%
60	50,85%	59,26%	60,32%	76,54%

3. Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida (HCl) terhadap Proses *Leaching*

Tabel 4 Hasil analisa aluminium dalam filtrat pada berbagai konsentrasi dengan menggunakan metode ICP dalam satuan ppm

	Hasil Analisa Aluminium dalam Filtrat (ppm)			
Waktu (menit)	0,5 M	1 M	1,5 M	2 M
0	0	0	0	0
5	14,55	15,51	16,34	16,31
10	14,25	15,22	15,47	16,47
15	14,02	14,77	15,57	16,98
20	14,61	15,91	17,13	17,4
25	13,78	15,99	17,96	19,61
30	13,91	16,68	16,12	18,36
40	15,39	17,63	17,44	17,93
50	15,92	17,41	17,31	19,29
60	12,93	16,65	17,67	19,88

Tabel 5 Hasil analisa aluminium dalam filtrat pada berbagai konsentrasi dengan menggunakan metode ICP-OES dalam satuan mg/g

	Hasil Analisa Aluminium dalam Filtrat (mg/g)			
Waktu (menit)	30 °C	50 °C	70 °C	90 °C
0	0	0	0	0
5	36,375	38,775	40,85	40,775
10	35,625	38,05	38,675	41,175
15	35,05	36,925	38,925	42,45
20	36,525	39,775	42,825	43,5
25	34,45	39,975	44,9	49,025
30	34,775	41,7	40,3	45,9
40	38,475	44,075	43,6	44,825
50	39,8	43,525	43,275	48,225
60	32,325	41,625	44,175	49,7

Tabel 6 Hasil *recovery* aluminium dalam filtrat pada berbagai konsentrasi

	<i>Recovery Aluminium</i>			
Waktu (menit)	0,5 M	1 M	1,5 M	2 M
0	0	0	0	0
5	58,86%	62,74%	66,10%	65,98%
10	57,65%	61,57%	62,58%	66,63%
15	56,72%	59,75%	62,99%	68,69%
20	59,10%	64,36%	69,30%	70,39%
25	55,74%	64,68%	72,65%	79,33%
30	56,27%	67,48%	65,21%	74,27%
40	62,26%	71,32%	70,55%	72,53%
50	64,40%	70,43%	70,02%	78,03%
60	52,31%	67,35%	71,48%	80,42%

BIODATA PENULIS



Baradis Saivi

Penulis dilahirkan di Jember, 16 Februari 1993, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN 1 Pragaan Laok, SMPN 1 Pragaan, SMAN 3 Pamekasan, S1 Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah di Teknik Kimia, penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Chandra Asri Petrochemical, Serang, Banten. Dalam pengerjaan tugas akhir penulis melakukan penelitian di Laboratorium Perpindahan Panas dan Masa, Jurusan Teknik Kimia, FTI-ITS.

Email: baradis.saivi@gmail.com

BIODATA PENULIS



Alun Gogo Wisnu Wicitra

Penulis dilahirkan di Banyuwangi, 18 Juli 1992, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri 1 Genteng, SMP Negeri 1 Genteng, SMA Negeri 1 Genteng, S1 Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah di Teknik Kimia, penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik, kab. Gresik, Jawa Timur Dalam pengerjaan tugas akhir penulis melakukan penelitian di Laboratorium Perpindahan Panas dan Masa Jurusan Teknik Kimia, FTI-ITS.

Email: alungogowisnu@gmail.com